



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลา
(Study Gelatin Production from Fish Bone)

โดย

นายอำนาจ ยอแสง
นายณัฐวุฒิ ว่องกิตติพงษ์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Department of Agricultural Industry

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

King Mongkut's Institute of Technology

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Chaokuntaharn Ladkrabang

กรุงเทพฯ 10520

Bangkok 10520 Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง



T096957

การศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลา (Study Gelatin Production from Fish Bone)

โดย

นายอำนาจ ยอแสง

นายณัฐวุฒิ ว่องกิตติพงษ์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... / 5 / 6 / 2548 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(*ศาสตราจารย์ ดร. สอนอรรถ วัฒนวิจิตร*)
..... 2541

..... 16 / 6 / 98 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ
(*ศาสตราจารย์ ดร. ธีรวิทย์*)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
(*[Signature]*)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

รพ.
0686ก
2541

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 96957
วันเดือนปี..... 5 JUN 2008

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ผู้ทำกรรมสิทธิ์ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลา
(Study on gelatin production from fish bone)



นายอานาจ ยอแสง
นายศุภชาติ ว่องกิตติพงษ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ของคุณอำนาจ
ขอแสง ที่บริจาคเศษกระดาษที่เหลือทิ้งแล้วนำมาใช้ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้
ณ. โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
สำหรับ ความเมตตา ความช่วยเหลือ คำแนะนำและชี้แนวทางกับพวกเราทั้งสองจนลุล่วงได้ด้วยดี
ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน และโดยเฉพาะที่
นาง ที่ให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสำหรับกำลังใจ และความห่วงใยที่มีให้กันตลอดมา จากเพื่อนๆ
(ภาคสมทบทุกคน) ที่ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จโดยสมบูรณ์

หากปัญหาพิเศษเรื่องนี้ พอจะสามารถนำไปเป็นประโยชน์ได้ ก็ขอยกความดีนี้ให้ แต่ พระ
คุณพ่อแม่ และอาจารย์ที่ให้คำแนะนำและสิ่งต่างๆ ที่ทำให้พวกเรามีกำลังใจขึ้นมาโดยตลอด

อำนาจ ขอแสง
ณัฐติ ว่องกิตติพงษ์
มีนาคม 2541

บทคัดย่อ

อำนาจ ขอแสง และณัฐภูมิ ว่องกิตติพงษ์ 2541. การศึกษาการสกัดเจลาตินจากกระดูกปลา (Study on Gelatin Production from Fish Bone) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เขียวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์

การศึกษาการสกัดเจลาตินจากกระดูกปลาได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิต คือ การกักจัดแร่ธาตุ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 แช่กระดูกปลาเป็นเวลา 10 วัน เพราะสภาวะข้างต้นจะทำให้กระดูกปลาที่ได้มีสีอ่อน และมีลักษณะนุ่ม อีกทั้งยังสามารถกำจัดแร่ธาตุออกไปได้ในปริมาณมาก ซึ่งจะส่งผลดีต่อคุณภาพของเจลาติน หลังจากนั้นนำกระดูกปลาที่ได้มาล้างให้หมดกรดแล้วทำการปรับสภาพ (Pretreatment) ของกระดูกปลาด้วยสารละลายกรด ไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนการสกัดเจลาติน เพื่อให้โครงสร้างของคอลลาเจนเกิดการคลายตัวส่งผลให้สามารถสกัดเจลาตินออกมาได้ง่ายขึ้น จากนั้นนำกระดูกปลาที่ได้มาล้างให้สะอาดจนหมดกรดเติมน้ำกลั่น 2 เท่าของกระดูกปลา แล้วจึงทำการสกัดเจลาตินที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้เจลาตินที่มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงถึง 130.17 กรัม มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูง 4.83 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดต่ำประมาณ 3.27 เจลาตินที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อน

เจลาตินจากกระดูกปลาที่ได้เมื่อนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเจลาตินทางการค้าชนิด 150 บลูม โดยทำการเตรียมที่ความเข้มข้น 6.67 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เจลาตินทางการค้ามีค่าความแข็งแรงของเจลสูงกว่าเจลาตินที่ผลิตได้ คือมีค่าเท่ากับ 143.50 กรัม และ 132.35 กรัม ตามลำดับ

ณัฐภูมิ ว่องกิตติพงษ์
อำนาจ ขอแสง

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ณ.ช. 41

วัน เดือน ปี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
2. วารสารปริทัศน์	3
2.1 เจลาติน	3
2.2 คอลลาเจน	3
2.3 การผลิตเจลาติน	7
2.4 การเกิดเจลของเจลาติน	11
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของเจลาติน	13
2.6 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเจลาติน	14
2.7 การเปลี่ยนแปลงของเจลาตินในอาหาร	18
2.8 คุณสมบัติที่สำคัญในการเลือก เจลาติน	19
2.9 การใช้ประโยชน์จากเจลาติน	20
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	22
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	22
3.2 วิธีการทดลอง	22
4. ผลการทดลอง	25
4.1 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือ เพื่อกำจัดแร่ธาตุในกระดูกปลา	25
4.2 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือ เพื่อการเตรียมกระดูกปลาให้เหมาะสมต่อการสกัดเจลาติน	28
4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ในการสกัดเจลาตินด้วยน้ำ	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ศึกษาสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้	34
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก ก	38
ภาคผนวก ข	39
ภาคผนวก ค	40
ภาคผนวก ง	41
ประวัติผู้เขียน	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงชนิดของคอลลาเจนที่พบมากที่สุด	5
2. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดและค่าบวมของเจลาตินชนิด A และ B จากแหล่งวัตถุดิบต่างกัน	16
3. แสดงลักษณะทางกายภาพของกระดูกปลาที่ผ่านการกำจัดที่สภาวะต่างๆ	25
4. แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของกระดูกปลาที่ผ่านการกำจัดแร่ธาตุที่สภาวะต่างๆ	26
5. แสดงผลการเตรียมกระดูกปลาด้วยกรด ไฮโดรคลอริกก่อนการสกัดที่ระดับความเข้มข้นและเวลาแช่ต่างๆกัน	28
6. แสดงผลของการใช้ด่าง (NaHCO_3) เพื่อปรับค่าพีเอชของกระดูกปลาภายหลังการเตรียมการด้วยกรด	30
7. แสดงผลคุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน	32
8. แสดงคุณสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้ (เจลาตินสด)	34
9. แสดงคุณสมบัติเจลาตินจากกระดูกปลาเปรียบเทียบกับเจลาตินทางการค้าชนิด 150 บลูม	34

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดง โครงสร้างเกลียวสามของคอลลาเจน	4
2. แสดง โครงสร้างไฮดรอกซีโพรลีนในคอลลาเจน	6
3. แสดง การสร้าง Aldol Cross-link จากโซ่ข้างของไลซีน 2 หน่วยซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์เชื่อมโยงภายใน โมเลกุลของโทรโปคอลลาเจน บริเวณปลาย N ที่ไม่มีเกลียว	6
4. แสดง ตำแหน่งของการเชื่อม โยงระหว่างโมเลกุลของโทรโปคอลลาเจนในเส้นใยคอลลาเจน	-
5. เครื่องทำแห้ง โดยสัมผัสพื้นผิวที่ร้อน	11
6. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	11
7. แสดง การสานตัวกันของอนุภาคเจลาตินเพื่อให้เกิดเจล	12
8. แสดง การจับตัวกันของ โมเลกุลเจลาตินภายในเจล	12
9. แสดง การเรียงตัวกันของ โมเลกุลแบบต่างๆ ณ จุดที่จับตัวกัน โดยมีแรงจับจากมาก ไปน้อย ตามลำดับ	13

บทที่ 1

บทนำ

เจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์พวกสารอินทรีย์ประเภทโปรตีนซึ่งได้จากการย่อยสลายตัวของสารประกอบคอลลาเจน (collagen) ซึ่งพบมากในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หนัง กระดูกและเอ็น โดยส่วนใหญ่จะใช้เจลาตินเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในอาหารและทางอุตสาหกรรม โดยใช้เป็นสารช่วยให้เกิดความคงตัว (stabilizer) ในอาหารหวาน ไอศกรีมและใช้เป็นสารช่วยให้เกิดฟอง (Foaming agent) ในการทำขนมเป็นต้น ในปัจจุบันในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่จะนำเจลาตินมาใช้ในขบวนการผลิตมากกว่าสารทำให้เกิดเจลชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารอื่นในปริมาณที่เท่ากันและเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการป้อนเข้าสู่โรงงานอาหาร

ก้างปลาหรือกระดูกปลาเป็นผลพลอยได้จากการอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำซึ่งก้างปลาหรือกระดูกปลาในส่วนนี้มักจะถูกนำไปใช้ผลิตเป็นอาหารสัตว์เป็นส่วนใหญ่ถ้าสามารถนำกระดูกปลาส่วนนี้มาใช้เพื่อการผลิตเจลาตินได้นอกจากจะก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้นแล้วยังเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้อย่างคุ้มค่า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลา
2. เพื่อศึกษาสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 เจลาติน (Gelatin)

เจลาตินเป็นสารประกอบประเภทโปรตีนซึ่งได้จากการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของคอลลาเจน (Collagen) ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น กระดูกและหนังสัตว์ เจลาตินสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดตามกระบวนการผลิต ซึ่งชนิดแรก คือ เจลาตินชนิด เอ (Type A) เป็นเจลาตินที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้กรด ส่วนชนิดที่สอง คือ เจลาตินชนิด บี (Type B) เป็นเจลาตินที่ได้ขบวนการผลิตโดยใช้ด่าง ในปัจจุบันเจลาตินมีบทบาทและความสำคัญมากในทางอุตสาหกรรมอาหาร เพราะใช้เป็นสารสร้างความคงตัวและ/หรือสร้างเนื้อสัมผัสให้กับอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะอาหารที่ต้องการให้มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกึ่งเหลว เช่น ไอศกรีม เจลลี่ และขอมแก๊วบางชนิด เป็นต้น

2.2 คอลลาเจน (Collagen)

คอลลาเจนประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์ 3 โซ่ มาพันกันเป็นโครงสร้างเกลียวสาม (Triple helix structure) แต่ละโซ่เป็นเกลียวชนิดวนซ้าย แล้วทั้งสามโซ่มาพันกันเป็นเกลียวขนาดใหญ่ชนิดวนขวา (Right-handed super helix) ซึ่งเสถียรด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโซ่ (รูปที่ 1) แต่ละโมเลกุลของคอลลาเจนที่ประกอบด้วย 3 โซ่พอลิเพปไทด์ เรียกว่า “โทรโปคอลลาเจน” (Tropocollagen) และมีมวลโมเลกุล 285 KD ซึ่งมีรูปร่างเป็นแท่งยาว 3000 Å^o และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 Å^o

คอลลาเจนเป็นโปรตีนโครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่นกระดูก ฟัน กระดูกอ่อนและเอ็น คอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เฉพาะ ประมาณเกือบ 1/3 ของ กรดอะมิโนเป็นชนิดไกลซีน และประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ เป็นชนิดโพรลีน และ 4-ไฮดรอกซีโพรลีน นอกจากนี้ยังพบ 3-ไฮดรอกซีโพรลีน และ 5-ไฮดรอกซีไลซีน อยู่ในปริมาณน้อย การเรียงลำดับของ กรดอะมิโนที่พบบ่อย คือ ไกลซีน-โพรลีน-ไฮดรอกซีโพรลีน

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 เจลาติน (Gelatin)

เจลาตินเป็นสารประกอบประเภทโปรตีนซึ่งได้จากการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของคอลลาเจน (Collagen) ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น กระดูกและหนังสัตว์ เจลาตินสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดตามกระบวนการผลิต ซึ่งชนิดแรก คือ เจลาตินชนิด เอ (Type A) เป็นเจลาตินที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้กรด ส่วนชนิดที่สอง คือ เจลาตินชนิด บี (Type B) เป็นเจลาตินที่ได้ขบวนการผลิตโดยใช้ด่าง ในปัจจุบันเจลาตินมีบทบาทและความสำคัญมากในทางอุตสาหกรรมอาหาร เพราะใช้เป็นสารสร้างความคงตัวและ/หรือสร้างเนื้อสัมผัสให้กับอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะอาหารที่ต้องการให้มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกึ่งเหลว เช่น ไอศกรีม เจลลี่ และขอมแก๊วบางชนิด เป็นต้น

2.2 คอลลาเจน (Collagen)

คอลลาเจนประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์ 3 โซ่ มาพันกันเป็นโครงสร้างเกลียวสาม (Triple helix structure) แต่ละโซ่เป็นเกลียวชนิดวนซ้าย แล้วทั้งสามโซ่มาพันกันเป็นเกลียวขนาดใหญ่ชนิดวนขวา (Right-handed super helix) ซึ่งเสถียรด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโซ่ (รูปที่ 1) แต่ละโมเลกุลของคอลลาเจนที่ประกอบด้วย 3 โซ่พอลิเพปไทด์ เรียกว่า “โทรโปคอลลาเจน” (Tropocollagen) และมีมวลโมเลกุล 285 KD ซึ่งมีรูปร่างเป็นแท่งยาว 3000 Å และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 Å

คอลลาเจนเป็นโปรตีนโครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่นกระดูก ฟัน กระดูกอ่อนและเอ็น คอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เฉพาะ ประมาณเกือบ 1/3 ของ กรดอะมิโนเป็นชนิดไกลซีน และประมาณ 15-30 เปอร์เซ็นต์ เป็นชนิดโพรลีน และ 4-ไฮดรอกซีโพรลีน นอกจากนี้ยังพบ 3-ไฮดรอกซีโพรลีน และ 5-ไฮดรอกซีไลซีน อยู่ในปริมาณน้อย การเรียงลำดับของ กรดอะมิโนที่พบบ่อย คือ ไกลซีน-โพรลีน-ไฮดรอกซีโพรลีน



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างเกลียวสามของคอลลาเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของคอลลาเจนที่พบบ่อยมากที่สุด

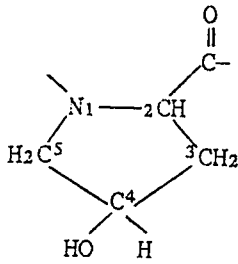
ชนิด	ชนิดของโซ่พอลิเพปไทด์ที่เป็นส่วนประกอบ	บริเวณที่พบ
I	$[\alpha 1(I)]_2\alpha 2(I)$	ผิวหนัง, กระดูก, เอ็น, หลอดเลือดคอร์เนีย (Cornea)
II	$[\alpha I(II)]_3$	กระดูกอ่อน , Intervertebral disk
III	$[\alpha I(III)]_3$	หลอดเลือด , ผิวหนังของตัวอ่อน ระบบ Cardiovascular

คอลลาเจนชนิด I หนึ่งโมเลกุลมีมวลโมเลกุลประมาณ 285 KD มีความกว้างประมาณ 14 Å และยาวประมาณ 3000 Å ประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์ 3 โซ่ (2 โซ่ชนิด $\alpha 1(I)$ และ 1 โซ่เป็นชนิด $\alpha 2(I)$) คอลลาเจนชนิด II ประกอบด้วยโซ่พอลิเพปไทด์ที่เหมือนกันทั้ง 3 โซ่ โดยโซ่แต่ละโซ่ในโมเลกุลของคอลลาเจนประกอบด้วยกรดอะมิโนประมาณ 1000 หน่วย สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีโซ่พอลิเพปไทด์ที่ต่างกันอย่างน้อย 17 ชนิด ซึ่งเป็นส่วนประกอบของคอลลาเจน 10 ชนิดที่พบในเนื้อเยื่อที่ต่างกัน

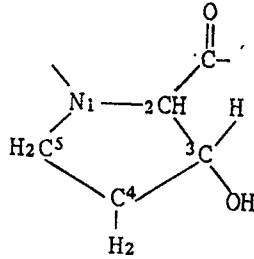
การสร้างไฮดรอกซีโพรลีนในคอลลาเจน เกิดขึ้นหลังจากโซ่พอลิเพปไทด์ของคอลลาเจนถูกสังเคราะห์ขึ้นเรียบร้อยแล้ว หน่วยโพรลีนถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นไฮดรอกซีโพรลีน โดยปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ โพรพิวไฮดรอกซีเลส (Prolyl hydroxylase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและต้องการกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) สำหรับแอกติวิตีของเอนไซม์ การขาดวิตามินซีทำให้ คอลลาเจนไม่สามารถสร้างเส้นใยที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้

คอลลาเจนจับกับคาร์โบไฮเดรตด้วยพันธะโควาเลนต์ ปริมาณของคาร์โบไฮเดรต อยู่ในช่วงประมาณ 0.4-12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขึ้นกับชนิดของเนื้อเยื่อที่ประกอบกัน ส่วนของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยน้ำตาลชนิดกลูโคส กาแลกโทส และไคแทโรส เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจับกับคอลลาเจนตรงบริเวณ 5-ไฮดรอกซีไลซัล หน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตยังไม่ทราบแน่ชัด

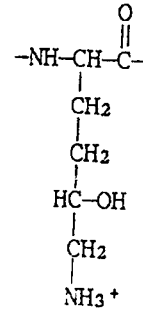
โครงสร้างของเส้นใยคอลลาเจนมีหน้าที่สำคัญ ในการสร้างกระดูกประกอบด้วยส่วนของสารอินทรีย์ในโมเลกุล ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคอลลาเจน และส่วนของสารอนินทรีย์ในโมเลกุลซึ่งส่วนใหญ่เป็น ไฮดรอกซีอะพาไทต์ [Hydroxyapatite ; $Ca_5(PO_4)_3OH$]



4-1-ไฮดรอกซีโพรลีน



3-1-ไฮดรอกซีโพรลีน

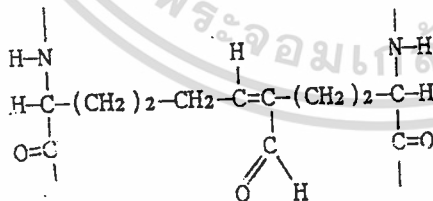


5-1-ไฮดรอกซีไลซีน

รูปที่ 2 แสดงของโครงสร้างของไฮดรอกซีโพรลีนในคอลลาเจน

เส้นใยคอลลาเจนเชื่อมโยงกันด้วยพันธะโควาเลนต์ที่เป็นทั้งพันธะภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุลของโทรโปคอลลาเจน พันธะโควาเลนต์นี้ไม่ใช่พันธะไดซัลไฟด์เหมือนในคีราทิน ทั้งนี้เพราะคอลลาเจนแทบจะไม่มีกรดอะมิโนซีสเตอีนเลย แต่เป็นพันธะโควาเลนต์ระหว่าง 1 โห้ ถึง 4 โห้ข้างของกรดอะมิโน

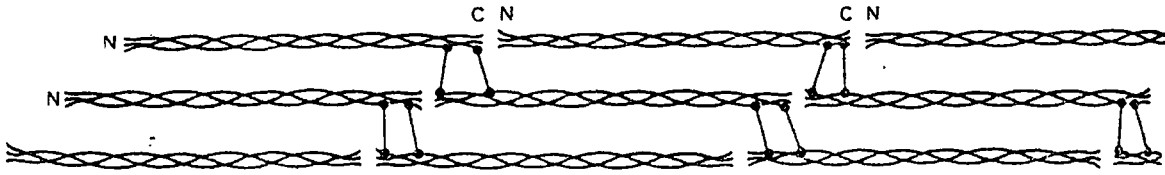
เอนไซม์ที่เร่งการสร้างพันธะโควาเลนต์นี้คือไลซอกซิดาส (Lysyloxidase) มี Cu ในโมเลกุล การเชื่อมโยงด้วยพันธะโควาเลนต์นี้จะเกิดขึ้นที่บริเวณใกล้ปลาย N และปลาย C ของโมเลกุลคอลลาเจนและระดับของการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของคอลลาเจนจากเนื้อเยื่อหนึ่งๆ จะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ เพราะฉะนั้นเนื้อสัตว์ที่แก่จะแข็งกระด้างกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อย ดังแสดงจากรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการสร้าง Aldol cross-link จากโห้ข้างของไลซีน 2 หน่วย ซึ่งเป็นพันธะ

โควาเลนต์เชื่อมโยงภายใน โมเลกุลของโทรโปคอลลาเจน บริเวณใกล้ปลาย N ที่ไม่มีเกลียว (Nonhelical)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งของการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของโพรโพรคอลลาเจนในเส้นใยคอลลาเจน

ตำแหน่งของการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของโพรโพรคอลลาเจน ในเส้นใยคอลลาเจนที่อยู่บริเวณที่ใกล้กัน (แสดงดังรูปที่ 4) บริเวณปลายอะมิโนของโมเลกุลหนึ่งจะเชื่อมกับบริเวณปลายคาร์บอกซิลของอีก โมเลกุลหนึ่งที่อยู่ในแถวที่ใกล้กัน

2.3 การผลิตเจลาติน

กระบวนการผลิตเจลาติน อาจแบ่งได้เป็นขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1 การล้าง (Washing)

การล้างเป็นการทำความสะอาดวัตถุดิบเริ่มต้น ซึ่งเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดปะปนมากับวัตถุดิบออกให้หมด ในขั้นตอนนี้จะมีการกำจัดไขมัน และกำจัดแร่ธาตุที่มีอยู่ในกระดูกออกเพื่อที่จะส่งผลให้กระบวนการผลิตเจลาตินในขั้นตอนต่อไปมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2.3.1.1 การกำจัด ไขมัน (Degreasing)

เป็นการกำจัด ไขมันและน้ำรวมถึงชิ้นส่วนของเนื้อออกจากกระดูก เพื่อให้จะทำให้กระดูกที่ได้มีความเหมาะสมกับการผลิตในขั้นตอนอื่นต่อไป

2.3.1.2 การกำจัดแร่ธาตุ (Deminerallization)

เป็นการกำจัดแร่ธาตุที่มีอยู่ในโครงสร้างของคอลลาเจน แร่ธาตุส่วนใหญ่ประกอบด้วย ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalcium phosphate) และแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) โดยมีอยู่ประมาณร้อยละ 60โดยน้ำหนักทั้งหมด การกำจัดแร่ธาตุกระทำได้โดยแช่กระดูกในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ในขั้นตอนนี้จะได้ไดแคลเซียมฟอสเฟต (Di-calcium phosphate) เป็นผลพลอยได้ โดยการตกตะกอนแยกออกมาจากสารละลายหลังการกำจัดแร่ธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การเตรียมการ (Condition and pretreatment)

ในขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนคอลลาเจน ให้อยู่ในรูปแบบหรืออยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมต่อการสกัด คอลลาเจนที่มีอยู่ในธรรมชาตินั้นจะมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายของโปรตีน ในทางทฤษฎีการให้ความร้อนแก่คอลลาเจนกับน้ำ จะ ได้เจลาตินที่มีคุณภาพความหนืด (Viscosity) สูงจะต้องเตรียมการก่อนการสกัด โดยกระบวนการใช้ด่างหรือกรดเพื่อเป็นการเอาสารเจือปนต่างๆ เช่น โปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจนออก นอกจากนี้ก็มีการไฮโดรไลซิส ของสารเปปไทด์ด้วยเล็กน้อย

กระบวนการเตรียมสามารถกระทำได้ 2 วิธีการด้วยกัน คือ

1. กระบวนการใช้ด่าง (Alkaline process)

เจลาตินที่ได้จากกระบวนการนี้ จะเรียกว่า เจลาตินชนิด B (Type-B gelatin) จุดประสงค์ของกระบวนการใช้ด่าง คือ เพื่อทำลายพันธะเคมีที่ยังคงมีอยู่ในคอลลาเจนและกำจัดสารที่ไม่ต้องการ ในระหว่างแช่กระดูกในสารละลายด่าง พันธะโควาเลนต์ระหว่างคอลลาเจนบางพันธะจะถูกทำให้แตกหรือแยกออกจากกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการใช้ด่างที่ใช้เวลาในการแช่กระดูกนานเกินไป ในขณะที่ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดีแต่ทำให้เกิดการสูญเสียคอลลาเจน ซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียปริมาณของเจลาตินที่ได้ หลังจากผ่านกระบวนการใช้ด่างแล้ว จะแยกคอลลาเจนที่ผ่านกระบวนการแล้วออกมาล้างด้วยน้ำธรรมดา แต่การที่ล้างด้วยน้ำธรรมดาไม่สามารถที่จะล้างสารละลายต่างๆที่อยู่ที่รูขุมขนของวัตถุให้ออกได้หมด จึงจำเป็นที่จะต้องล้างด้วยสารละลายกรดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะทำให้วัตถุคืบมีค่าพีเอชประมาณ 6-7 ในการล้างนั้นควรจะระวังมิให้เกิดความเป็นกรดด่างมากเกินไป และควรใช้น้ำอ่อน (Soft water) ที่ปราศจากเกลือ

2. กระบวนการใช้กรด (Acid process)

เจลาตินที่ได้จากกระบวนการนี้จะเรียกว่า เจลาตินชนิด A (Type-A gelatin) กระบวนการใช้กรดจะเป็นขั้นตอนที่มีความรุนแรงน้อยกว่ากระบวนการใช้ด่างจึงนำมาประยุกต์ใช้กับหนังหมู และออสซินสดจากสัตว์ที่ยังไม่โตเต็มที่

กระบวนการใช้กรดนั้นในปัจจุบันนิยมใช้แพร่หลายมากกว่ากระบวนการใช้ด่างเนื่องจาก

1. กระบวนการใช้กรดนั้นมีความรุนแรงน้อยกว่ากระบวนการใช้ด่าง
2. มีน้ำเสียเกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการใช้ด่าง
3. ระยะเวลาที่ใช้สั้นกว่ากระบวนการใช้ด่าง

หลังจากที่แช่กระดูกในสารละลายกรดได้ตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วจะนำกระดูกที่ได้มาทำการล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้งให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ได้ประมาณพีเอช 5-7 แล้วจึงทำการPretreatment กระดูกต่อไป โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-5 เปอร์เซ็นต์ ตามระยะเวลาที่เหมาะสม เมื่อผ่านขั้นตอนนี้ไปแล้วจะนำกระดูกที่ได้มาทำการล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่งแล้วจึงนำกระดูกที่ได้ผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

2.3.3 การสกัด (Extraction)

กระบวนการสกัดเจลาตินที่ให้ผลได้ดีนั้น ทำได้โดยการควบคุมความสมดุลระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลาย อุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัด หรือทำได้โดยทำการสกัดด้วยน้ำหลายๆครั้งและในแต่ละครั้งจะมีการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดให้สูงขึ้นเรื่อยๆ การสกัดครั้งแรกจะเริ่มที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส และสกัดจนได้ความเข้มข้นของเจลาตินประมาณร้อยละ 5 แยกน้ำที่สกัดได้ออกและทำการเติมน้ำลงไปใหม่ ทำการสกัดครั้งที่สอง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 3 จะทำการสกัดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และในการสกัดครั้งสุดท้ายจะใช้อุณหภูมิใกล้เคียงกับจุดเดือดของน้ำ ในการสกัดแต่ละครั้งค่าความแข็งแรงของเจล และคุณภาพของเจลาตินที่ได้ก็จะลดต่ำลง หลังจากได้สารละลายเจลาตินแล้ว จะนำสารละลายที่ได้มาทำการกรองเพื่อแยกส่วนของกระดูกหรือสิ่งแปลกปลอมออก แล้วจึงนำสารละลายเจลาตินที่สกัดได้นี้ไปทำให้เข้มข้นขึ้นโดยการระเหย ด้วยเครื่องระเหยเข้มข้น จนได้ความเข้มข้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 25-30 การสกัดเจลาตินเข้มข้นนี้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในสภาพที่แห้งและบดให้ละเอียดเป็นแกร็ดหรือเป็นผงก่อนที่จะทำการจำหน่ายต่อไป

2.3.4 การทำให้บริสุทธิ์ (Purification)

ในขั้นตอนนี้จะนำสารละลายเจลาตินที่สกัดได้มาทำการกรอง เพื่อกำจัดสารแขวนลอยต่างๆ ที่ไม่สามารถละลายได้ออกไป จากนั้นจึงทำเจลาตินให้บริสุทธิ์ต่อไป ในขั้นตอนนี้สารละลายเจลาตินที่ผ่านการกรองและทำให้บริสุทธิ์จะมีลักษณะที่ใส ในการกรองสารละลายเจลาตินสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ การกรองโดยใช้แรงดัน และการกรองโดยใช้สุญญากาศ การกรองโดยใช้แรงดัน ลักษณะแรก เป็นการกรองโดยใช้แรงดัน ดันสารละลายเจลาตินให้ผ่านแผ่นกรองซึ่งทำจากเซลลูโลสผสมกับแอสเบสตอล (Asbestos) ซึ่งสามารถปรับให้มีขนาดและจำนวนช่องเปิดต่อพื้นที่ได้ตามต้องการ อัตราการกรองจะขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารแขวนลอย ลักษณะของแผ่นกรองและแรงดันที่ใช้สำหรับสารละลายเจลาตินที่มีสารแขวนลอยปะปนอยู่มาก จะใช้การกรองด้วย Kieselguhr ซึ่งเป็นตัวช่วยกรอง(Filter aid) ใต้งในสารละลายเจลาตินปริมาณที่ใช้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเจลาตินที่ได้

การกรองโดยใช้สุญญากาศที่ใช้ในอุตสาหกรรมนั้น จะทำโดยการเคลือบตัวกรองบนแผ่นกรองให้มีความหนาตามต้องการ จากนั้นจะใช้สุญญากาศดึงสารละลายเจลาตินให้ไหลผ่านแผ่นกรองจากอีกด้านหนึ่ง ส่วนการทำให้เจลาตินมีความบริสุทธิ์ จะอาศัยวิธีการกำจัด ไอออน (Deionization) ซึ่งจะแยกเอาเกลืออนินทรีย์ที่ได้จากขั้นตอนเตรียมการออก และทำการปรับค่าความเป็นกรดด่างให้มีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การทำให้เข้มข้น (Concentration)

ในขั้นตอนนี้จะส่งผลดีต่อกระบวนการทำให้สารละลายเจลาตินแห้ง เพราะการทำให้สารละลายเจลาตินเข้มข้นขึ้นนั้น จะช่วยลดเวลาในการทำแห้งลงได้ ในการทำให้สารละลายเจลาตินนั้นมีความเข้มข้นนิยม ทำภายใต้สูญญากาศที่ 650-700 มิลลิเมตรปรอท เพราะจะทำให้ประหยัดเวลาที่ใช้และสารละลายเจลาตินเข้มข้นที่ได้มีความสะอาดและปราศจากจุลินทรีย์ เพราะระบบที่ใช้ นั้นจะเป็นระบบปิด ซึ่งทำให้สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 30 จากนั้นจึงจะนำสารละลายเข้มข้นที่ได้ผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตต่อไป

2.3.6 การทำแห้ง (Drying)

การทำแห้งเป็นกระบวนการที่จะช่วยทำให้สารละลายเจลาติน ซึ่งอยู่ในลักษณะของเหลวเปลี่ยนเป็นเจลาตินที่อยู่ในลักษณะแห้งและเป็นผง ซึ่งจะส่งผลให้เจลาตินมีความชื้นที่ลดลงและช่วยให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้สะดวกในระหว่างขบวนการขนส่งและจำหน่ายไปยังผู้บริโภค

เครื่องมือทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้ง (Drum drier)

การทำแห้งอาจใช้เครื่องมือทำแห้งแบบลูกกลิ้งซึ่งมีหลักในการทำงาน คือจะแพร่สารละลายเจลาตินให้เป็นฟิล์มบางๆบนผิวของลูกกลิ้ง ซึ่งถูกให้ความร้อนจากด้านในโดยนิยมใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน ลูกกลิ้งจะหมุนไปจนได้ระยะทางการเคลื่อนที่ของฟิล์มตามที่ต้องการ แล้วจะมีใบมีดขูดออกจากผิวลูกกลิ้ง เจลาตินที่ถูกขูดออกมานั้นส่วนมากจะมีลักษณะเป็นแผ่น หรืออาจเป็นเกร็ดซึ่งจะนำมาบดต่อให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่ง เจลาตินที่จะบดลงบนผิวลูกกลิ้งควรทำให้ร้อนก่อน ในกรณีที่ใช้ไอน้ำภายในจะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้ง จำนวนลูกกลิ้งที่ใช้ในเครื่องมือหนึ่งชุด อาจมีตั้งแต่หนึ่งลูกขึ้นไป แต่โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องมือที่มีลูกกลิ้ง หนึ่งหรือสองลูก เครื่องมือที่มีลูกกลิ้งเพียงลูกเดียว จะบดสารละลายเจลาตินเหลว โดยจุ่มส่วนหนึ่งของลูกกลิ้งลงในอ่างของสารละลายเจลาติน ปัจจัยที่กำหนดความหนาของฟิล์มเจลาติน บนผิวลูกกลิ้ง คือ ความหนืดและการเกาะติดของสารละลายเจลาตินบนผิวลูกกลิ้ง ส่วนของเครื่องมือที่มีลูกกลิ้งทั้งสองส่วนนี้จะเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม เครื่องมือประเภทนี้ (แสดงดังรูปที่ 5) จะมีค่าใช้จ่าย ในการดำเนินการต่ำจึงสามารถช่วยประหยัดต้นทุนในการผลิตได้

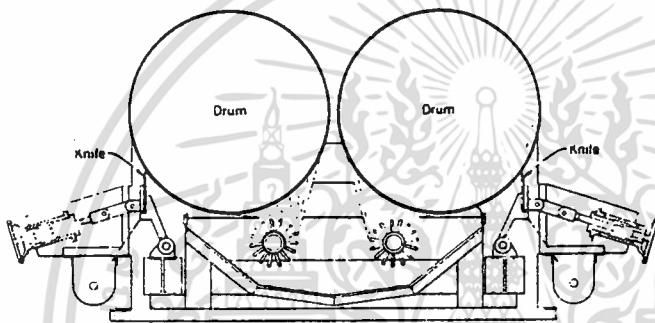
การใช้เครื่องมือทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drier)

ในระบบการทำแห้งแบบนี้มีหลักการทำงาน คือ ภายในเครื่องจะมีหัวฉีดสารละลายเจลาตินซึ่งมีลักษณะเหลวให้ออกมาเป็นละอองเล็กๆ และจะสัมผัสกับลมร้อนภายในเครื่อง อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ใช้มักจะทำก่อนข้างสูง ละอองฝอยของสารละลายเจลาตินที่ถูกฉีดออกมาจะถูกทำให้แห้งภายในระยะเวลาสั้นๆ และผงเจลาตินถูกแยกออกจากอากาศร้อนโดยใช้ไซโคลน ส่วนสำคัญของเครื่องมือประกอบด้วย ส่วนหัวฉีดซึ่งทำงานด้วยความดัน 250-500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และสามารถทำให้ละอองของสารละลายเจลาตินมีขนาดพอเหมาะ และเมื่อสัมผัสกับอากาศ

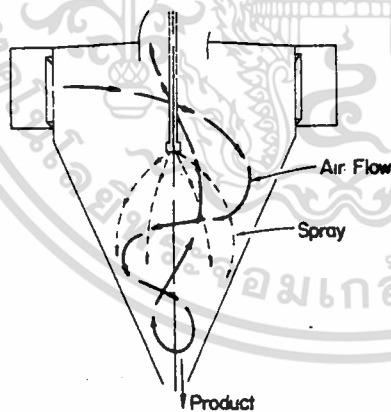
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนภายในเครื่อง ส่วนที่สองจะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดอากาศร้อนภายในเครื่อง ซึ่งระบบมีการผลิตอากาศร้อนได้หลายวิธี ส่วนที่สามจะเป็นส่วนที่วางในเครื่องซึ่งละอองฝอยของสารละลายเจลาติน ถูกฉีดออกจากหัวฉีด เพื่อที่สัมผัสกับอากาศร้อนภายในเครื่อง ซึ่งสามารถออกแบบให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของสารละลายเจลาตินและอากาศร้อนเป็นระบบทิศทางเดียวกันหรือสวนทางกัน และส่วนสุดท้ายซึ่งเป็นส่วนที่แยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศร้อน ในบางครั้งส่วนช่องว่างที่อาหารสัมผัสกับอากาศร้อนและส่วนไซโคลนที่สำหรับแยกผลิตภัณฑ์อาจถูกออกแบบให้อยู่ในส่วนเดียวกัน (รูปที่ 6)

การทำแห้งด้วยเครื่องมือชนิดนี้ ใช้เจลาตินเพียงอย่างเดียว จะทำให้มีน้ำหนักเจลาตินที่ได้ทั้งหมดต่ำมากและมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ยาก จึงมีการใช้ร่วมกับน้ำตาลเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีขึ้น



รูปที่ 5 เครื่องทำแห้งโดยสัมผัสพื้นผิวที่ร้อน (Drum drier)



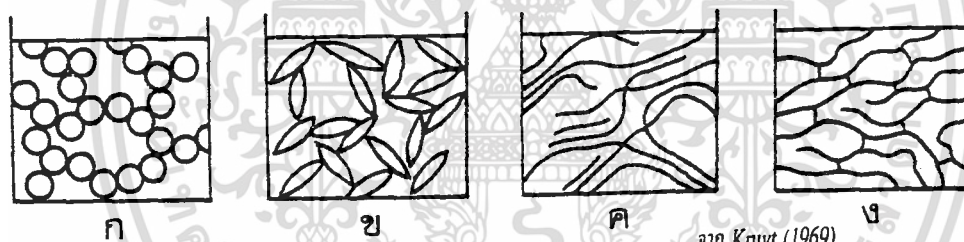
รูปที่ 6 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drier)

2.4 การเกิดเจลของเจลาติน

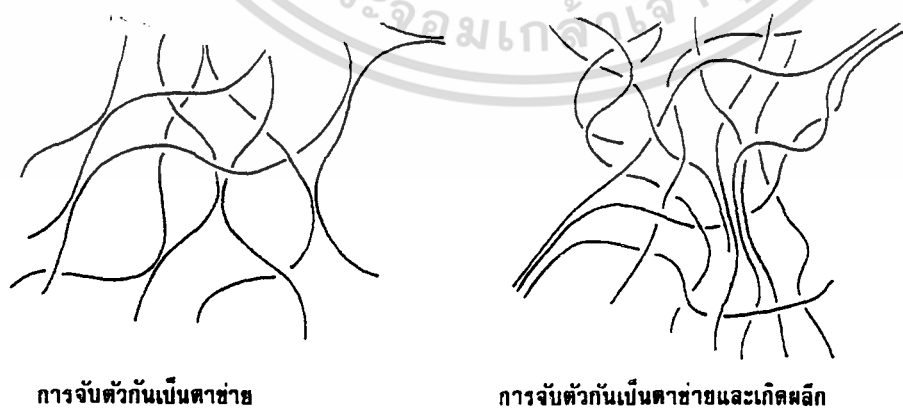
เจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) คอลลาเจน ซึ่งเจลาตินมีลักษณะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวต่างจากสารละลายอื่นๆที่ต้องจับตัวกันเป็นอนุภาคเล็กๆ และกระจายไปทั่วระบบก่อน หลังจากนั้นจึงจับตัวกันใน 3 ทิศทาง อนุภาคต่างๆ ที่เกิดขึ้นนั้น อาจอยู่ในรูปของผลึกหรือสัณฐานก็ได้ ด้วยเหตุนี้สภาวะใดก็ตามที่ทำให้เกิดความอึดตัว ชั่งยวด เช่น การลดอุณหภูมิ การระเหยน้ำ การใส่สารบางชนิด หรือการทำปฏิกิริยาเคมี จะเป็นขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนแรกของการเกิดเจล หลังจากนั้นจะต้องทำให้มีสภาวะแวดล้อมเหมาะสม เพื่อให้เกิดการสารตัวกันเป็นร่างแห (Dickinson และ stainsby , 1982) ลักษณะการสารตัวกันอาจเกิดขึ้นได้ 4 รูปแบบ (รูปที่ 7) เมื่ออนุภาคมีลักษณะกลมการสารตัวกันจะเกิดการเคลื่อนที่เข้าหากัน และเกาะกันเป็นเส้นยาว (รูปที่ 7 ก.) เมื่ออนุภาคมีรูปร่างยาววิธีการสารตัวกันจะเกิดจากปลายแหลมเข้าเป็นเส้นยาวแบบ Marcromolecules (รูปที่ 7 ข.) การสารตัวกันจะเกิดจากการเรียงตัวกันของส่วนหนึ่งส่วนใดของเส้นทำให้ส่วนนั้นเกิดเป็นผลึกขึ้น (รูปที่ 7 ค.) หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมีแบบครอสลิงค์ (รูปที่ 7 ง.) แรงที่อนุภาคจับตัวกันนั้นมีทั้งแบบ Van der wals force และแบบแรงประจุ (Polar forces) นอกจากนี้แล้วยังมีโมเลกุลหรืออนุภาคอื่นๆ เข้ามาเกาะเกี่ยวด้วย โดยจะเข้าไปเกาะอนุภาคที่เกิดเจล เช่น น้ำ เป็นต้น การสารตัวกันนั้นจะเกิดขึ้นทั้งระบบหรือไม่ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความเข้มข้น และวิธีการเตรียม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นต่ำเกินไป จะเกิดเพียงตะกอนขุ่นเท่านั้น อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่เปลี่ยนจากตะกอนมาเป็นเจลแต่ละชนิด จะไม่แน่นอนนักทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับสภาวะการเตรียม (Weiser , 1969)



รูปที่ 7 แสดงการสารตัวกันของอนุภาคเจลาตินเพื่อให้เกิดเจล (Kruyt ,1969)

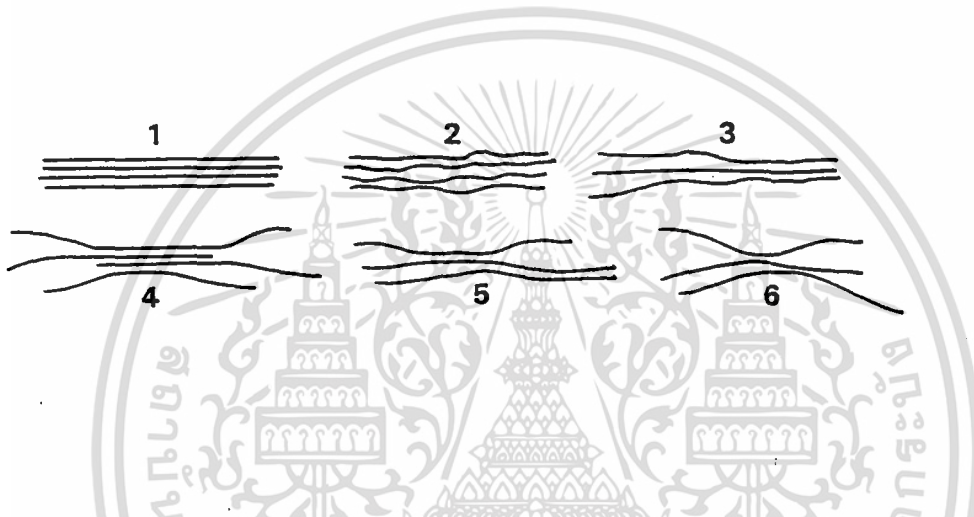


รูปที่ 8 แสดงการจับตัวกันของโมเลกุลเจลาตินภายในเจล (Kruyt , 1969)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ในบางครั้ง ความเข้มข้น อายุของเจล อุณหภูมิที่ใช้เก็บและการใส่สารบางชนิดลงไป สารละลายเจลาตินก็จะทำให้เกิดผลึกหรืออนุภาคที่มีลักษณะแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามจุดที่โมเลกุลจับตัวกัน นั้นอาจมีขนาดเล็กไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เรียกว่าผลึกหรืออนุภาค แต่ก็มีความสำคัญมากต่อโครงสร้างและคุณสมบัติของเจล สำหรับโมเลกุลที่จับตัวกันนั้นมีแรงจับ (พลังงาน) ไม่เท่ากัน ถ้าส่วนของโมเลกุลมีการเรียงตัวกันได้ไม่เหมาะสมก็จะเกิดแรงจับตัวกันสูงสุด มีความเหนียวแน่นมาก แต่ถ้าโมเลกุลเรียงตัวกันได้ไม่เหมาะสมมากนักแรงจับตัวกันจะลดลง (ดังรูปที่ 9)



รูปที่ 9 แสดงการเรียงตัวกันของโมเลกุลแบบต่างๆ ณ จุดที่จับตัวกันโดยมีแรงจับจากมาก ไปหาน้อย ตามลำดับ (Kroyt ,1969)

เจลบางชนิดจะเกิดขึ้นเมื่อทำให้ร้อนและจะเปลี่ยนเป็นโซล(สารละลาย)เช่น เมธิลเซลลูโลส เป็นต้น แต่เจลบางชนิดเกิดจากการทำให้ โซลเย็นตัว ถ้าความเข้มข้นของโซลสูงมากพอ และมีอุณหภูมิที่เกิดเจลต่ำมากพอ เช่น โซลของเจลาตินที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 จะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และจะไม่เกิดเจลเลขที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของเจลาติน

2.5.1 ความเข้มข้น

ความเข้มข้นมีความสัมพันธ์ที่แปรตามกับความแข็งของเจลซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งกำเนิดของเจลาติน แต่โดยทั่วไปเจลาตินที่นำมาใช้ ในอุตสาหกรรมอาหารจะมีค่า Bloom อยู่ระหว่าง 100-250 บลูม มีความสัมพันธ์เป็น ดังสมการ

$$(C_1)^N \times (B_1) = (C_2)^N \times (B_2)$$

C คือ ความเข้มข้นของเจลที่ใช้

B คือ ค่าบวมของเจลที่ใช้

N มีค่าเท่ากับ 1.7 (กรณีที่เป็นเจลที่มีค่าบวมสูง) 1.8-1.9 สำหรับเจลลาตินที่มีค่าบวมอยู่ในช่วง 100-150 บวม

2.5.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของช่วง จึงจะมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล ซึ่งถ้าอยู่ในสารละลายที่มีความเป็นกรดควรที่จะมีค่าพีเอช 3 หรือถ้าอยู่ในสารละลายที่เป็นด่างควรมีค่าพีเอช 10.5 จึงจะทำให้เจลลาตินที่สกัด ได้มีความแข็งแรงของเจลที่ดี

2.5.3 เวลาที่ใช้ในการสกัดและอุณหภูมิในการเกิดเจล

เวลาที่ใช้ในการสกัดคอลลาเจน เพื่อให้เปลี่ยนเป็นเจลลาตินนั้นนับว่ามีความสำคัญมากพบว่า ถ้าใช้ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ทำการสกัดเจลลาตินนานจนเกินไปจะทำให้เจลลาตินที่ได้มีคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของเจลลดลง ในส่วนของอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลลาตินก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เช่นกัน เพราะจากการศึกษาถ้าทำให้เจลลาตินอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเกิดเจลแล้ว ความแข็งแรงของเจลจะเกิดสูงขึ้นเกินกว่าที่ต้องการ

2.5.4 จุดหลอมเหลว

คุณภาพทางด้านกรรรับรกลั่นของเจลลาตินนั้น จะขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของเจลลาตินซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลหรือปัจจัยดังนี้ คือ ความเข้มข้นของเจล ค่าบวมและความหนืดของเจลลาติน การเปลี่ยนแปลงจุดหลอมเหลวมอาจเกิดขึ้นจากการเติมสารเจือปนลงไปในการอาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล เป็นต้น

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

2.6.1 ความสามารถในการละลายน้ำ (Solubility)

ในทางการค้า เจลาตินจะใช้ประโยชน์ในการเติมลงในสารละลาย ซึ่งเจลลาตินนี้จะละลายได้ในน้ำ และในสารละลาย พอลิไฮดรอลแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohols) เช่น Glycerol และ Propylene glycol ซึ่งเป็นของเหลวที่มีขั้ว เจลาตินจะไม่ละลายใน กรดอะซิติก (Acetic acid) และ Trifluoroethanol เจลาตินมีคุณสมบัติที่ละลายได้น้อยลงในตัวทำละลายอินทรีย์ พวก Acetone, Carbon tetrachloride, Ethanol, Ether, Dimethylformamide และตัวทำละลายอื่นๆ ที่เป็นพวกที่ไม่มีขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลาตินที่ละลายในน้ำจะสามารถมีคุณสมบัติการพองตัวได้ ivo ซึ่งคุณสมบัตินี้จะใช้เป็นตัวชี้วัดว่าคุณสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้ มีผู้ทำการศึกษาการพองตัวของเจลาตินเมื่อมีพีเอชและเกลือชนิดต่างๆกัน พบว่าการพองตัวจะเกิดขึ้นน้อยที่สุดที่ Isoelectric point (พีเอช 4.7) แต่จะพองตัวมากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดนี้ออกไป (Kruyt, 1969)

2.6.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

สารละลายที่มีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของช่วง จึงจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจล การใช้สารละลายกรดแก่ จะส่งผลให้เจลาตินที่ผลิตออกมาได้มีคุณภาพดี (Type A) ส่วนการใช้สารละลายด่างแก่จะส่งผลให้เจลาตินที่ผลิตออกมาได้มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากสารละลายด่างจะมีปฏิกิริยาที่มีความรุนแรงมากกว่าสารละลายกรด จึงส่งผลให้โครงสร้างบางส่วนของกระดูกและหนังสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ เจลาตินที่ผลิตออกมานั้นมีความแข็งแรงของเจลที่ต่ำ

2.6.3 ความหนืด (Viscosity)

ในการพิจารณาคุณสมบัติด้านความหนืดของสารละลายเจลาตินพิจารณาจากองค์ประกอบหลายๆ ส่วน เช่น ความเข้มข้น อุณหภูมิ น้ำหนัก โมเลกุลของเจลาติน ค่าพีเอช และความบริสุทธิ์ของเจลาติน ในสารละลายเจลาตินที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เจลาตินจะมีลักษณะเป็นสาร Newtonian ซึ่งถ้าเราต้องการที่จะทดสอบคุณสมบัติด้านความหนืดของเจลาตินนี้เราสามารถกระทำได้โดยใช้ Capillary viscometer ในการวัดคุณสมบัติด้านความหนืดนั้น จำเป็นที่จะต้องทำให้เจลาตินอยู่ในรูปของสารละลายเสียก่อน หลังจากนั้นจึงเพิ่มอุณหภูมิให้กับสารละลายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปวัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่อง Capillary viscometer

การที่สารละลายเจลาตินมีความหนืดจนสามารถเกิดเป็นเจลได้นั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้นและค่าพีเอช ซึ่งค่าพีเอชต่ำสุดที่มีความสำคัญต่อการเกิดความหนืดของเจลจะอยู่ในช่วงพีเอชใกล้ 3 และ/หรือ ใกล้ 10.5 ที่อุณหภูมิระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส เจลาตินจะเป็นสาร Non-newtonian ซึ่งจากการศึกษาจะพบว่า โมเลกุลของเจลาตินที่เกิดขึ้นจะเกิดพันธะต่อกัน และถ้าเติมเกลือลงไป ในสารละลายเจลาตินจะส่งผลให้สารละลายเจลาตินมีความหนืดลดลง ซึ่งผลดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนจากความเข้มข้นที่เปลี่ยนไปของสารละลายเจลาติน

ตารางที่ 2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดและค่าบวมของเจลาคตินชนิด A และ B จากแหล่งวัตถุดิบต่างกัน

ค่าบวม	ค่าความหนืด (มิลลิพอยส์)	แหล่งวัตถุดิบที่ใช้สกัดเจลาคติน
สูง	180-300	หนังสือตัว (ต่าง) / ออสซีน
	30-70	หนังสือตัว (กรวด) / ออสซีน
	30-60	หนังสือตัว เฉพาะ / ออสซีน
ปานกลาง	70-130	หนังสือตัว (ต่าง) / ออสซีน
	100-150	หนังสือตัว (กรวด) / ออสซีน
ต่ำ	50-100	หนังสือตัว (ต่าง) / ออสซีน
	15-30	หนังสือตัว (กรวด) / ออสซีน
		ขบวนการสปา (Spa process)
		หนังสือตัว (ต่าง) / ออสซีน
		หนังสือตัว (กรวด) / ออสซีน

ที่มา : Harris , 1990

2.6.4 ความแข็งแรงของเจล (Gel strength)

เมื่อนำเจลาคตินมาละลายในน้ำ และทำให้ร้อนโดยไม่มีกรวดเจลจะก่อตัวขึ้นที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของเจลาคตินที่ใช้ (จากตารางที่ 2)

เมื่อนำสารละลายเจลาคตินมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส จะมีการปล่อยสายโซ่ที่ไม่มีโครงสร้าง เมื่อทำให้เย็นลงสายโซ่ที่สันฐานว่ามีโครงสร้างแบบขด (Coil structure) จะเริ่มมารวมกัน และเมื่อทำให้เย็นต่อไปจะเกิดการเชื่อมต่อกัน ซึ่งตำแหน่งที่โครงสร้างแบบขดมาเชื่อมกันนี้ เรียกว่า Junction zone และเมื่อมี Junction zone เกิดขึ้นมากพอซึ่งเรียกว่า เป็นการเติบโตของเจล (Maturation) โดยปกติใช้เวลา 10 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้เจลาคตินที่ได้มีความเสถียร ที่เวลานี้ความแข็งแรงของเจลยังคงเปลี่ยนแปลงอยู่นั้นคือ เหตุผลที่ทำให้ควรวัดค่าความแข็งแรงของเจลหลังจาก 10 ชั่วโมงผ่านไป เวลาในการเติบโตของเจลสามารถทำให้สั้นลงได้ ถ้าทำให้เกิดเจลขึ้นในสภาวะที่ทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็งแรงของเจลหรือค่าบวม หมายถึง น้ำหนักที่ใช้ในการกดลูกสูบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ลงบนผิวหน้าของเจลความเข้มข้น 6.67 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก ให้มีความลึก 4 มิลลิเมตร โดยทำการแช่เย็นสารละลายเจลาตินที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนนำมาวัดค่าความแข็งแรงของเจล เจลที่ไม่ได้วัดที่สภาวะนี้จะไม่เรียกว่า ค่าบวม

2.6.5 การพองตัว

การพองตัวของเจลาตินที่เกิดจากตัวทำละลายที่มี พีเอช ต่างๆ กันนั้นสามารถอธิบายได้โดย Donnan "s theory (Weiser ,1946 ; kruyt, 1969) โดยถือว่า เจลาตินมีผิวเป็นเยื่อบางๆ สามารถให้สารอิเล็กโตรไลต์บางชนิดผ่านได้ ทำให้เกิดการแพร่กระจาย เมื่อเจลาตินสัมผัสกับน้ำ อนุมูลไฮโดรเจนของกรดจะรวมตัวกับโปรตีนทำให้โมเชลของโปรตีนมีประจุบวก อนุมูลไฮโดรเจนและอนุมูลลบของกรด เช่นเดี๋ยวกัมน้ำที่อยู่รอบๆ เมื่อเข้าสู่สมดุลย์อนุมูลที่อยู่ในเจลาตินและน้ำที่อยู่รอบๆ จะเกิดขึ้นดังนี้



เมื่อ S = น้ำที่อยู่รอบๆ

J = เจล

ในสภาวะสมดุลย์อนุมูลไฮโดรเจนและอนุมูลลบของกรดจะเกิดขึ้นในน้ำดังนี้

$$X = [H^+] = [A^-]$$

ขณะเดี๋ยวกัมน้ำอนุมูลไฮโดรเจนและอนุมูลลบของกรดจะเกิดขึ้นในเจลดังนี้

$$Y+Z = \text{ปริมาณอนุมูลลบของกรดที่มีอยู่ในเจล}$$

$$Y = \text{อนุมูลไฮโดรเจนที่เกิดจากการแตกตัวของกรดในเจล}$$

$$Z = \text{อนุมูลลบของกรดที่แตกตัวเพื่อให้อนุมูลไฮโดรเจนไปเกาะกับโปรตีน}$$

สมการที่ 2.1 อาจเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$X^2 = Y(Y+Z)$$

จากรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้วนี้แสดงให้เห็นว่าอนุผลลของกรดที่อยู่ภายในเจล ($Y+Z$) จะมีมากกว่าอนุผลลที่มีอยู่ในน้ำรอบๆ (X) ในขณะที่เดียวกันอนุผลลไฮโดรเจนที่อยู่ภายในเจล (Y) ทำให้เกิดแรงดันออสโมซิสขึ้นภายในเจลหรืออาจกล่าวได้ว่าอนุผลลที่อยู่ภายในเจลจะพยายามกระจายตัวออกไปในน้ำโดยพาเอาโมเลกุลที่มีประจุเกาะอยู่ออกไปด้วย แต่ที่เพิ่มขึ้นคือเจลาตินจะพองตัวออก การเพิ่มเกลือที่เป็นกลางเข้าไปในเจลาตินที่พองตัวอยู่แล้วจะมีผลทำให้เจลาตินยุบตัวลง เนื่องจากน้ำที่อยู่รอบๆ มีอนุผลลสูงขึ้นไปแรงดันออสโมซิสจึงลดลง

2.7 การเปลี่ยนแปลงของเจลาตินในอาหาร

ในการประกอบอาหารที่มีการเติมเจลาตินลงไปจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเสมอ นับตั้งแต่การเปลี่ยนโซลไปเป็นเจล จนกระทั่งหลังจากการเกิดเจลแล้ว การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเปลี่ยนความใส การเกิดเจลไม่สมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาตร การเกิดที่ซับซ้อน การคายน้ำ และการคุดน้ำผิดปกติ

2.7.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงจากโซลของเจลไปเป็นเจลาตินจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเกิดผลึก สารชนิดใดก็ตามต้องการความร้อนแฝงเพื่อทำให้ละลายสารชนิดนั้นจะให้ความร้อนเมื่อโมเลกุลในสารละลายเข้ามารวมตัวกันเพื่อให้เกิดผลึกด้วยเหตุนี้จึงต้องทำให้สารละลายลดอุณหภูมิลง เมื่อต้องการให้เกิดผลึกสารละลายกลุ่ม *Macromolecules* จะให้ความร้อนเสมอเมื่อเปลี่ยนจากโซลไปเป็นเจล แต่จะไม่พบในสารละลายเข้มข้นที่มีคุณสมบัติเป็น *Thixotropy*

2.7.2 การเปลี่ยนแปลงความใส

สารละลายของเจลาตินเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะมีความขุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านแสงเข้าไปจะปรากฏเป็นลำแสง (Tyndall effect) แสดงว่ามีการสะท้อนแสงเกิดขึ้น ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สามารถพบได้เสมอ

มีผู้พบว่าน้ำที่เกาะอยู่กับอนุภาคหรือผลึก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความใสมากถ้าอนุภาคหรือผลึกที่เกิดขึ้นมีน้ำเกาะอยู่มากความใสของเจลาตินจะไม่แตกต่างไปจากโซลมากนัก แต่จะส่งผลให้เจลาตินที่ได้มีลักษณะไม่แข็งตัว ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ

2.7.3 การเกิดเจลาตินที่ไม่สมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงจากโซลหรือสารละลายไปเป็นเจลาตินจะต้องใช้เวลามากพอสมควร โดยการจับตัวกันระหว่างอนุภาคจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่นานออกไปถ้าในระหว่างที่ปล่อยให้เจลาตินเกิดการแข็งตัวนั้นมีการกระทบกระเทือนก็จะส่งผลให้เจลาตินที่ได้แตกออกเป็นโซล

(สารละลาย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

การเปลี่ยนแปลงโซล ไปเป็นเจลมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรด้วย โซลของเจลาตินเมื่อเปลี่ยนไปเป็นเจลจะลดปริมาตรลง การเปลี่ยนแปลงปริมาตรจะเกิดขึ้นเสมอถ้าเกิดเจล แสดงว่ามีการเกิดผลึกขึ้น

2.7.5 การดูดน้ำผิดปกติ

เมื่อนำเจลาตินมาระเหยบน้ำออกเจลาตินจะมีการหดตัว ผลที่ตามมาคือเจลาตินจะมีการเกาะตัวกันมากขึ้น มีการงอตัว ได้น้อยลง ส่งผลให้เจลาตินมีลักษณะกรอบ แสดงว่าโมเลกุลในเจลาตินได้เกาะกันอย่างสนิท มีจุดที่จับตัวกันมากขึ้น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจึงทำได้ยาก การหดตัวจะมีมากขึ้นเมื่อนำเจลาตินมาทำแห้งและเมื่อนำมาละลายน้ำหลายๆ ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้ง การพองตัวจะเกิดขึ้น แต่จะลดน้อยลงไปกว่าเดิมเรื่อยๆ ไป การเปลี่ยนแปลงของเจลาตินจะมีผลให้การดูดน้ำลดลงเรียกว่า Hysteresis

2.8 คุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกเจลาติน

2.8.1 กลิ่น รส และสี

เจลาตินที่ดีควรมี สี และรส เพียงเล็กน้อย ตามมาตรฐานสากลต่างๆ ไป ต้องการเจลาตินที่ปราศจาก กลิ่นและรส ซึ่งเป็นมาตรฐานของเจลาตินคุณภาพสูงแต่เจลาตินที่มีลักษณะขุ่นจะยังคงมีสีอ่อนๆ คายขาว และเจลาตินที่มีราคาถูกต้องการเติมกลิ่นรสเพื่อปกปิดกลิ่นรสเดิม

2.8.2 ความใส (Clarity)

ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลักษณะเจลที่ใสนั้นถ้าเจลาตินขาดความใสจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นได้รับการปฏิเสธจากผู้บริโภค สิ่งแปลกปลอมในเจลาตินสามารถกำจัดออกได้ด้วยการทำให้ใส การกรองเป็นวิธีการหนึ่งที่น่ามาใช้กับเจลาตินแม้ว่าการทำให้บริสุทธิ์ด้วยเครื่องแยกยังใช้กันอยู่ แต่ในบางครั้งได้มีการนำวิธีการกรองมาช่วยด้วยหลังจากการทำให้ใส ความขุ่นอาจเกิดขึ้นได้จากการตกตะกอนของเกลือแคลเซียมที่ไม่ละลาย หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของเจลาตินที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่างๆ อาจทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนถ้าระบบนั้นเป็นบัฟเฟอร์อย่างอ่อน

2.8.3 ค่าบวม (ความแข็งแรงของเจล)

เจลาตินทางการค้า โดยทั่วไปมีค่าบวมอยู่ในช่วง 90-300 กรัมบวม ในการผลิตสินค้าเคลือบทุกชนิดจะหลีกเลี่ยงการใช้เจลาตินที่มีค่าบวมสูง เนื่องจากมีราคาแพง ถ้าจำเป็นที่ต้องใช้เจลาตินที่มีค่าบวมสูงสามารถทำได้โดยการใช้เจลาตินบวมต่ำซึ่งมีราคาถูกกว่า มาทำให้เข้มข้นขึ้นจะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ ด้วยเหตุนี้ความต้องการในการเลือกเจลาตินจึงควรพิจารณาและต้องคำนึงถึงคุณภาพอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่าบวมและราคาในท้องตลาดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 ความหนืด

ความหนืดของเจลาตินมีผลเพียงเล็กน้อยต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาตินและความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด เจลาตินจากออสซินถูกกล่าวหาว่าให้ความยืด (Tailing) ได้มาก (เมื่อเทียบกับเจลาตินจากหนังที่ค่าบลูมเดียวกัน) และเป็นที่อ้างอิงของเจลาตินที่มีความหนืดสูงและมีน้ำหนัก โมเลกุลสูงจะให้เบสลิที่หนืดกว่าเจลาตินที่มีค่าความหนืดต่ำซึ่งมีลักษณะประปรายมากกว่า

2.9 การใช้ประโยชน์จากเจลาติน

2.9.1 ในโรงงานผลิตอาหารแช่แข็ง จะใช้เจลาตินเป็นสารที่ช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำแข็งและน้ำตาล

2.9.2 การทำให้เข้มข้น (Concentration) เจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดซึ่งสามารถวัดออกมาได้อยู่ในรูปของค่าบลูม (Bloom) ซึ่งจากลักษณะพิเศษนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำให้เข้มข้นได้ เช่น เจลาตินที่มีค่าบลูม 250 จะใช้ประโยชน์ในการเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มความหนืด

2.9.3 ในครีมบริวและ Cottage chses เจลาตินจะใช้ประโยชน์ในการทำให้น้ำซึ่งมีอยู่ในผลิตภัณฑ์มีจำนวนลดลงได้ โดยจะเข้าไปจับและรวมตัวกับ โมเลกุลของน้ำจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำลดลงได้

2.9.4 ใช้เป็นสารที่เพิ่มความหนืดและความคงตัว ในผลิตภัณฑ์ขนมและอาหารบางชนิด จะใช้เจลาตินเป็นสารที่ช่วยเพิ่มความหนืดและสร้างความคงตัวจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ดีขึ้น

2.9.5 ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ เช่น Canned hams , Varion luncheon meats , Corned beef rolls , Jellied beef อื่นๆ จะใช้เจลาติน ประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำให้มีเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่ดีขึ้น

2.9.6 ในผลิตภัณฑ์พวก มาการีนจะใช้เจลาตินเป็นสาร Emulsifier เพื่อที่จะทำให้องค์ประกอบต่างๆ ซึ่งมีอยู่ในผลิตภัณฑ์สามารถที่จะเข้ากันได้ โดยไม่เกิดการแยกชั้นกัน ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสูงขึ้น

2.9.7 ใช้เป็นสารที่ช่วยตกตะกอนในน้ำผลไม้ (Clarifying agent) การใช้เจลาตินเป็นสารช่วยตกตะกอนในน้ำผลไม้ จะได้ผลดีกับน้ำผลไม้ที่มีแทนนินในองค์ประกอบ เจลาตินจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแทนนิน และดึงให้สารแขวนลอยอื่นตกตะกอนลงมาด้วยรวมทั้งแอนโทไซยานิน ทำให้ความเข้มข้นของสีน้ำผลไม้บางชนิดลดลง ปริมาณเจลาตินที่ใช้จะขึ้นกับชนิดของน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้และชนิดของเงลาติน ปริมาณที่เหมาะสมจะหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมาก ปริมาณที่ใช้จะอยู่ในช่วง 1.5-6.0 ออนซ์ต่อน้ำผลไม้ 100 แกลลอน การควบคุมการใช้เงลาตินจะทำให้ได้ลำบาก ถ้าใช้เงลาตินมากเกินไปจะช่วยให้สารแขวนลอยในน้ำผลไม้เสถียรแทนที่จะช่วยตกตะกอน ถ้าในน้ำผลไม้มีแทนนินต่ำอาจเติมแทนนินลงไป ในน้ำผลไม้ โดยใช้ในปริมาณ 2-10 กรัม ต่อน้ำผลไม้ 100 ลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุดิบ

- ก้างปลาหรือกระดูกปลา (ปลาตาหวาน)

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องชั่งละเอียด รุ่น AB 204 (Mettler Toledo)
- เครื่องแก้ว ได้แก่ กระจกบอขวด ปีกเกอร์ แท่งแก้ว
- กระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-paper)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
- เครื่องวัดพีเอช (pH-Meter) รุ่น SP-701 (Suntex)
- เตาอบ (Hot air oven) รุ่น E 53 (Memmert)
- เครื่องชั่งหยاب รุ่น iB 16 EDE-S (Sartorius)
- Aluminium can
- Crucible
- Dessicator
- Hot plate
- Muffle furnace รุ่น CSF 1100 (Carbolite Furnaces)

3.1.3 สารเคมี

- กรดไฮโดรคลอริก
- น้ำกลั่น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมกระดูกปลาเพื่อใช้ในการทดลองกระทำได้ โดยการนำกระดูกปลาสดไปตากแห้ง หมดๆ ด้วยแสงแดดเป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำกระดูกปลาไปอบแห้งต่อด้วย เครื่องอบแห้งแบบใช้ลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดูกแห้งที่ได้มาบดให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้ เครื่องบด Chopper หรือ selet cutter หลังจากนั้นนำกระดูกที่ได้มาบรรจุลงในถุงชนิด PVC (Polyvinyl chloride) แล้วปิดสนิทนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30-35 องศาเซลเซียส) ตลอดช่วงที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การศึกษาการผลิตเจลลาตินจากกระดูกปลา

3.2.2.1 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือ เพื่อกำจัดแร่ธาตุ ในกระดูกปลา

ใช้กรดเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยใช้อัตราส่วนกระดูกปลา 30 กรัมต่อสารละลายกรด 300 มิลลิลิตร แช่กระดูกไว้เป็นเวลา 5 วัน 10 วัน และ 15 วัน ตามลำดับ

การตรวจผลของการกำจัดแร่ธาตุทำได้โดยนำกระดูกที่แช่กรดได้ตามเวลากำหนดมาวิเคราะห์หา Ash (เถ้า) และสังกะสีของกระดูกที่ได้เปรียบเทียบกับ

3.2.2.2 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือ เพื่อการเตรียมกระดูกปลา ให้เหมาะสมต่อการสกัดเจลลาติน

ใช้กรดเกลือ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ แช่กระดูกปลาเป็นเวลา 5, 10 และ 15 ชั่วโมงตามลำดับ ก่อนนำมาสกัดเจลลาตินด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง การตรวจผลของการใช้กรดเพื่อการเตรียมกระดูกปลาทำได้โดยนำสารละลายเจลลาตินที่ได้มาวิเคราะห์หา

- วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- หาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเจลลาตินที่สกัดได้ โดยใช้ปริมาตรเจลลาตินที่ได้ทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่มีอยู่
- ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel strength)

3.2.2.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเจลลาตินด้วยน้ำ

โดยใช้อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ทำการสกัดเจลลาตินเป็นระยะเวลา 3, 5 และ 7 ชั่วโมงตามลำดับ หลังจากนั้นนำสารละลายเจลลาตินที่ได้มาวิเคราะห์หา

- วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- หาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของเจลลาตินที่สกัดได้ โดยใช้ปริมาตรเจลลาตินที่ได้ทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่มีอยู่
- ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel strength)

3.2.3 การศึกษาสมบัติของเจลลาตินที่สกัดได้

ทำการสกัดเจลลาตินจากกระดูกปลาโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองขั้นต้นเพื่อผลิตเจลลาตินให้ได้ในปริมาณมาก หลังจากนั้นนำเจลลาตินที่ได้มาทำการศึกษาสมบัติในด้านต่างๆคือ

- ค่าความแข็งแรงของเจล (Gel strength)
- ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH)
- ค่าความหนืด
- เปอร์เซ็นต์ความชื้น

การศึกษาทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของเจลลาตินที่ผลิตได้กับเจลลาตินทางการค้า ชนิด 150 บลูมที่ความเข้มข้น 6.67 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือเพื่อกำจัดแร่ธาตุ ในกระดุกปลา

การกำจัดแร่ธาตุในกระดุกปลาโดยใช้กรดเกลือแสดงผลดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 แสดงลักษณะทางกายภาพของกระดุกปลา ที่ผ่านการกำจัดแร่ธาตุที่สภาวะต่างๆ

ระยะเวลาในการ กำจัดแร่ธาตุ (วัน)	ลักษณะทางกายภาพของกระดุกปลา		
	สารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 1	สารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 2	สารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 3
5	สีเหลืองอ่อน	สีเหลือง นํมเล็กน้อย	สีเหลืองน้ำตาล นํมมากจนเละ
10	สีเหลืองอ่อน	สีเหลือง นํมเล็กน้อย	เหลืองน้ำตาล นํมมากจนเละ
15	สีเหลืองอ่อน	สีเหลือง นํมเล็กน้อย	เหลืองน้ำตาล นํมมากจนเละ

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการแช่กระดุกปลามากขึ้นที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 1 กระดุกปลาจะเปลี่ยนแปลงลักษณะจากเดิมเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การกำจัดแร่ธาตุ โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 2 กระดุกปลาจะมีสีเหลืองและอ่อนนํมขึ้น ส่วนการกำจัดแร่ธาตุโดยใช้สารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ 3 เมื่อใช้ระยะเวลานานขึ้นจะส่งผลให้กระดุกปลาที่ได้มีสีเหลืองน้ำตาลและมีลักษณะของกระดุกที่นํมจนเละ ซึ่งจากลักษณะข้างต้นในการผลิตเจลาตินสีของกระดุกปลาจะส่งผลต่อสีของเจลาตินที่ผลิตได้ เพื่อให้ได้เจลาตินที่มีลักษณะของสีที่ดี ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแร่ธาตุ คือการแช่กระดุกปลาที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 2 เพราะที่สภาวะนี้กระดุกปลาจะมีสีเหลืองปกติ ซึ่งกระดุกมีลักษณะอ่อนนํมพอเหมาะ เมื่อนำมาสกัดเจลาติน จะทำให้สามารถสกัดเจลาตินออกมาได้มากและมีคุณภาพดีกว่าในสภาวะอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณถั่วในกระดุกปลาที่ผ่านการกำจัดแร่ธาตุที่สภาวะต่างๆ

ระยะเวลาในการกำจัดแร่ธาตุ (วัน)	สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้นร้อยละ	ปริมาณถั่วที่เหลืออยู่ในกระดุก ปลา (เปอร์เซ็นต์)
5	1	40.88 ^c
	2	3.14 ^a
	3	3.12 ^a
10	1	36.46 ^c
	2	2.06 ^a
	3	2.97 ^a
15	1	10.85 ^b
	2	2.59 ^a
	3	2.48 ^a

หมายเหตุ

- ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %
- ปริมาณถั่วที่เหลืออยู่น้อยที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่าการแช่กระดุกปลาในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 1 จะทำให้ปริมาณแฉ่ำที่เหลืออยู่มีปริมาณมาก แสดงว่ายังคงมีแร่ธาตุอยู่ในกระดุกมากนั่นเอง ส่วนการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ตามลำดับ ส่งผลให้การกำจัดแร่ธาตุได้ผลดียิ่งขึ้นดังแสดงจากปริมาณแฉ่ำที่ลดลงตั้งแต่เริ่มใช้ระยะเวลาแช่กระดุกปลา 5 วัน เป็นต้นไป ซึ่งปริมาณแฉ่ำที่ลดลงนี้ จะเห็นว่าเมื่อใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 10 วัน ปริมาณแฉ่ำที่เหลืออยู่จะลดลง แต่สีของกระดุกปลายังคงอ่อนอยู่ ในขณะที่การใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 3 แช่กระดุกปลาจะส่งผลให้สีของกระดุกปลาเข้มขึ้น และกระดุกมีลักษณะและทั้ง 3 ช่วงระยะเวลาในการแช่ แต่จากการคำนวณทางสถิติพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรคลอริกร้อยละ 2 และ 3 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95 % ดังนั้นจึงสรุปจากผลการทดลองได้ว่าระยะเวลาในการแช่กระดุกปลาและความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ จะมีผลโดยตรงต่อการกำจัดแร่ธาตุที่มีอยู่ในกระดุกปลา ซึ่งเห็นผลได้ชัดเจน เพราะฉะนั้นในการผลิตเจลลาตินเพื่อให้ได้เจลลาตินที่มีคุณภาพดีเราจึงเลือกใช้ระยะเวลาในการกำจัดแร่ธาตุ โดยแช่กระดุกปลาเป็นระยะเวลา 5 วัน ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 2 เพราะสถานะข้างต้นที่ใช้นี้สามารถกำจัดแร่ธาตุออกไปได้มากที่สุด และทำให้กระดุกปลาที่ได้มีลักษณะอ่อนนุ่มเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลดีต่อการสกัดเจลลาตินในขั้นตอนต่อไป

4.2 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือ เพื่อการเตรียมกระดูกปลาที่เหมาะสมต่อการสกัดเจลาติน

การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดเกลือ เพื่อการเตรียมกระดูกปลาที่เหมาะสมต่อการสกัดเจลาติน แสดงผลดังตารางที่ 5 ตารางที่ 5 แสดงผลการเตรียมกระดูกปลาด้วยกรดไฮโดรคลอริกก่อนการสกัดที่ระดับความเข้มข้นและเวลาแ่งต่าง ๆ กัน

สภาวะเตรียมการ		คุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้			
เวลา (ชั่วโมง)	HCl (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความเป็นกรดต่าง (พีเอช)	ปริมาณ (มิลลิลิตร)	ค่าของแข็งที่มีอยู่ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)
5	1	1.67	46	2.21	71.27 ^c
	2	1.78	50	2.19	74.31 ^c
	3	2.08	57	2.49	114.33 ^a
10	1	1.49	41	2.10	95.57 ^b
	2	1.49	47	2.02	31.20 ^d
	3	1.48	47	2.07	เจล ไม่แข็งตัว ^{f*}
15	1	1.63	43	1.93	เจล ไม่แข็งตัว ^{f*}
	2	1.74	45	1.78	เจล ไม่แข็งตัว ^{f*}
	3	1.86	50	1.49	เจล ไม่แข็งตัว ^{f*}

หมายเหตุ

- ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่นที่ 95 %

* วัดค่าความแข็งแรงของเจลาตินไม่ได้



จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการแช่กระดูกปลา เพื่อการเตรียมการจะมีผลต่อคุณภาพของเจลลาตินที่ผลิตได้ โดยพบว่าเมื่อใช้ระยะเวลามากขึ้นจะทำให้โครงสร้างของคอลลาเจนถูกย่อยสลายไปได้มากขึ้น ส่งผลให้เจลลาตินที่สกัดได้มีคุณภาพต่ำ โดยไม่สามารถเกิดเจลที่แข็งแรงได้ ในขณะที่เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าถ้าใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ระดับความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมจะทำให้สารละลายเจลลาตินที่สกัดได้มีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน แต่จากผลการทดลองพบว่าการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ทำการแช่กระดูกปลาเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ก่อนทำการสกัดเจลลาตินจะทำให้โครงสร้างของคอลลาเจนคลายตัวออกจากกันได้ดี และส่งผลให้มีปริมาณของเจลลาตินที่สกัดออกมาได้มีมากกว่าสภาวะอื่น ดังแสดงผลจากค่าของแข็งที่มีอยู่มากถึงร้อยละ 2.49 และค่าความแข็งแรงของเจลมากถึง 114.33 กรัม ดังนั้นในการใช้กรดเพื่อการเตรียมการ จึงพิจารณาเลือกใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 แช่กระดูกปลาเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ในขั้นตอนของการเตรียมการก่อนการสกัด

จากการเตรียมการพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่กระดูกปลาจะมีผลโดยตรงต่อค่าพีเอช ของเจลลาตินที่สกัดได้ ดังนั้น เมื่อพิจารณาเลือกใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ซึ่งทำให้ค่าพีเอชของเจลลาตินมีค่าต่ำ จึงควรมีการปรับปรุงกระบวนการสกัด ในบางขั้นตอนเพิ่มขึ้นเพื่อให้เจลลาตินที่ผลิตได้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นในการล้างกระดูกปลาก่อนการสกัดควรนำกระดูกปลาที่ได้ ไปผ่านกระบวนการแช่ค้างที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ซึ่งแสดงผลได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลของการใช้ต่าง (NaHCO₃) เพื่อปรับค่าพีเอชของกระดุกปลาภายหลังการเตรียมการด้วยกรด

เปอร์เซ็นต์ของ (NaHCO ₃)	คุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้			
	ค่าความเป็นกรดต่าง (พีเอช)	ปริมาณ (มิลลิลิตร)	ค่าของแข็งที่มีอยู่ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)
Control	3.66	95	1.66	117.10 ^a
0.2	3.46	83	2.70	94.00 ^b
0.4	3.17	62	2.83	122.17 ^a
1.0	4.22	66	1.94	52.14 ^c

หมายเหตุ

- ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้กับระดับความเข้มข้นของ NaHCO₃ ต่าง ๆ กัน
- แ่กระดุกปลาเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

จากตารางที่ 6 จากการใช้สารละลายต่าง (NaHCO_3) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ในการปรับค่า pH ของกระดูกปลาให้สูงขึ้น เห็นได้ว่า การใช้สารละลายต่างที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กันจะทำให้คุณสมบัติของเจลาคินที่สกัดได้นั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และพบว่า เปรอร์เซ็นต์ของสารละลายต่าง ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ แต่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การใช้สารละลายต่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.4 ในการปรับค่า pH ของกระดูกปลาจะทำให้เจลาคินที่ผลิตได้มีค่าความแข็งแรงของเจลสูงถึง 122.17 กรัม และมีปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่สูงถึงร้อยละ 2.82 แต่ไม่แตกต่างจาก Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % แสดงว่า การใช้สารละลายต่าง ยิ่งมากขึ้นจะทำให้ ค่าความแข็งแรงของเจลลดลง ซึ่งมีค่ามากกว่าการใช้สารละลายต่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 1.0 ดังนั้นในการผลิตเจลาคินให้ได้คุณภาพที่ดีควรที่จะเลือกใช้ความเข้มข้นของต่าง (NaHCO_3) ร้อยละ 0.4 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการเตรียมการก่อนการสกัด



4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเจลาตินด้วยน้ำเมื่อใช้ระดับอุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่าง ๆ กัน

การสกัดเจลาตินด้วยน้ำเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการสกัดต่าง ๆ กัน ดังแสดงผลจากตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงคุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้เมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน

อุณหภูมิและเวลาสกัด		คุณสมบัติของเจลาตินที่สกัดได้			
อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าความเป็นกรดต่าง (พีเอช)	ปริมาณ (มิลลิลิตร)	ค่าของแข็งที่มีอยู่ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)
60	3	3.18	46.50	2.40	เจลไม่แข็งตัว*
	5	3.25	42.50	2.47	112.48 ^c
	7	3.22	41.50	2.54	115.12 ^{bc}
70	3	3.29	60.50	2.64	120.17 ^a
	5	3.21	33.50	2.70	127.17 ^a
	7	3.26	41.00	3.10	121.33 ^a
80	3	3.41	81.00	3.01	เจลไม่แข็งตัว*
	5	3.48	93.50	3.17	เจลไม่แข็งตัว*
	7	3.52	79.50	3.20	เจลไม่แข็งตัว*

หมายเหตุ

- ตัวอักษร Superscript ภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

* วัดค่าความแข็งแรงของเจลไม่ได้

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูงถึง 80 องศาเซลเซียส จะทำให้เจลาตินที่สกัดได้ มีค่าความแข็งแรงเจลอยู่ในระดับที่ต่ำ จนเป็นเหตุให้ไม่สามารถวัดค่าความแข็งแรงของเจลได้ ทั้งนี้เพราะ โครงสร้างภายในโมเลกุลของเจลาตินได้ถูกทำลายลง เมื่อใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ต่ำ 60 องศาเซลเซียส พบว่าเจลาตินที่สกัดออกมาได้มีค่าความแข็งแรงของเจลอยู่ในระดับที่ต่ำเช่นกัน ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดเจลาตินจะเป็นตัวควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของเจลกับค่าความหนืดของเจล และจะมีผลต่อผลผลิตอย่างมาก (Anonymus,1984) ดังจะเห็นได้จากปริมาณของแข็งที่ตรวจวัดได้โดยพบว่าถ้าใช้อุณหภูมิในการสกัดที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณของแข็งที่ตรวจได้มีค่า สูงขึ้นตามลำดับ ดังแสดงจากผลการทดลอง และเมื่อทำการทดลองโดยใช้ระยะเวลาในการสกัดเจลาตินที่ระยะเวลาต่างๆ กัน จะพบว่า ระยะเวลาที่ใช้จะมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจลอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เพราะฉะนั้นในการผลิตเพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณภาพดีเราจึงพิจารณาเลือกใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ในการสกัด เพราะเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด ที่จะทำให้เจลาตินที่สกัดได้มีคุณภาพดี ทั้งในแง่ของความแข็งแรงของเจลและสีของเจลาตินที่ได้ โดยถ้าใช้ระยะเวลาในการสกัดนานถึง 5 และ 7 ชั่วโมง จะทำให้เจลาตินที่สกัดได้มีสีเข้ม อย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ

4.4 การศึกษาคุณสมบัติของเจลาคินที่สกัดได้

เจลาคินที่ผลิตได้เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงคุณสมบัติของเจลาคินที่ผลิตได้ (เจลาคินสด)

คุณลักษณะ	ผลการตรวจวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรดค่า (พีเอช)	3.27
ค่าของของแข็ง (เปอร์เซ็นต์)	2.75
ค่าความหนืด (Centipoise)	20.82
ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)	130.17
เปอร์เซ็นต์ผลผลิต	4.83

4.5 คุณสมบัติของเจลาคินที่สกัดได้ เปรียบเทียบกับเจลาคินทางการค้าชนิด 150 บลูม

การเปรียบเทียบกันระหว่างเจลาคินที่สกัดได้กับเจลาคินทางการค้าชนิด 150 บลูม

ดังแสดงผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงคุณสมบัติของเจลาคินจากกระดุกปลาเปรียบเทียบกับเจลาคินทางการค้าชนิด 150 บลูม

คุณลักษณะ	เจลาคินที่ผลิตได้	เจลาคินทางการค้า
สีและลักษณะทั่วไป	ผงสีเหลืองออกน้ำตาล	ผงสีขาวใส
ค่าความแข็งแรงของเจล (กรัม)	132.35	143.50
ค่าความเป็นกรดค่า (พีเอช)	3.32	5.16
ค่าความหนืด (Centipoise)	22.40	28.30
ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	5.53	6.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าเจลาตินที่ผลิตได้มีสีเข้มกว่าเจลาตินทางการค้า เมื่อนำมาวัดค่าความหนืด พบว่าสารละลายเจลาตินที่ผลิตได้มีค่าความหนืดน้อยกว่าสารละลายเจลาตินทางการค้า ส่วนค่าความแข็งแรงของเจลและค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่า เจลาตินที่ผลิตได้มีค่าพีเอช เท่ากับ 3.32 และเจลาตินทางการค้ามีค่าพีเอชเท่ากับ 5.16 ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่า เจลาตินที่ผลิตได้มีค่าพีเอชต่ำกว่าเจลาตินทางการค้า จึงข้อมที่จะส่งผลให้มีค่าความแข็งแรงของเจลาตินน้อยกว่าเจลาตินทางการค้าด้วยเช่นกัน ดังแสดงจากตารางที่ 9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สรุปขั้นตอนต่างๆ ที่เลือกใช้ในการผลิตเจลลาดินได้ ดังนี้

1. ในขั้นตอนของการกำจัดแร่ธาตุ ควรเลือกใช้ระยะเวลาที่แช่กระดูกปลาที่ระดับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 2 เป็นระยะเวลา 5 วัน
2. ในขั้นตอนของการเตรียมการก่อนการสกัดควรแช่กระดูกปลาที่ระดับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 3 เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง
3. ในขั้นตอนของการปรับปรุงค่าพีเอชของกระดูกปลาด้วยสารละลายต่าง (NaHCO₃) ควรแช่กระดูกปลาที่ผ่านการเตรียมการด้วยกรดมาแล้วในสารละลายต่างที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.4 เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง
4. ในขั้นตอนของการสกัดเจลลาดิน ควรสกัดเจลลาดินที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง
5. คุณลักษณะของเจลลาดินที่ผลิตได้ มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองออกน้ำตาล มีค่าความชื้นร้อยละ 5.53 ที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส, ค่าความแข็งแรงของเจล 132.35 กรัม, ค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.32 และค่าความหนืด 22.40 ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้วัตถุดิบที่มีความสดเพราะจะทำให้เจลลาดินที่ผลิตได้ไม่มีกลิ่น
2. ควรควบคุมอุณหภูมิในระหว่างขั้นตอนการแช่เย็นสารละลายเจลลาดินให้มีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ (0-10 องศาเซลเซียส) เพื่อให้เกิดเจลที่มีความแข็งแรงสม่ำเสมอ
3. ควรควบคุมอุณหภูมิของเจลลาดิน ขณะวัดความแข็งแรงของเจลให้คงที่ ที่ 10 องศาเซลเซียส หรือใกล้เคียง เพราะจะเป็นสภาวะมาตรฐานที่ใช้วัดค่าความแข็งแรงของเจล
4. ขณะทำการวัดความแข็งแรงของเจลอย่าให้หัววัดมีความสั่นสะเทือน เพราะอาจมีผลต่ออาการอ่านค่าความแข็งแรงของเจล
5. เจลลาดินที่สกัดได้ในแต่ละครั้งจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอในวัตถุดิบ เช่น ปริมาณกระดูก ปริมาณเศษเนื้อติดกระดูกที่หลงเหลือ ปริมาณไขมัน ทั้งนี้ควรพยายามคัดเลือกวัตถุดิบให้สม่ำเสมอและมีเศษเนื้อติดกระดูกอยู่น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ณรงค์ นิยมวิทย์ 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นุชรินทร์ อรรถประสิทธิ์และกรวีณา แสงฉายเพียงเพ็ญ 2538 การทำเจลาตินจากกระดูกไก่ให้ใส. ปัญหาพิเศษ
ปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ปวรา จิระพัฒนธร 2534. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมเบื้องต้นในการผลิตเจลาตินจากกระดูกปลาไหล. ปัญหา
พิเศษปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- อาภัสรา ชมิดท์ 2538. ชีวเคมี. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- Anonymous. 1984. Gelatin : An overvie of the world market with special reference to the potential for
developing countries
- AOAC. 1984. The Association of Official Analytical Chemical. 14 th ed. Virginia: The Association of Official
Analytical Chmical , 1141 pp.
- BS 757.1975. Method for Sampling and Testing Gelatin. British Standard Institution.
- Burroughs. J.1988 Ingredient Effects of Gelatin. The Manufacturing Confectioner. Nov. 80-85
- Bohonek J., Spuhler A., Ribeaud M. and I.Tomaka , 1979, Photographic Gelatin 2. Academic Press Inc.in
R.J.Cox,ed New York, pp. 37-55.
- Dickinson,Eand G. Stainsby. 1992. Colloids in Food Applied Science Publishers, London. 553 p.
- Harris, P. 1990. Food gel. London : Elsevier Applied Science.
- Kruyt,H.R.1969.Colloid Science. Elsevier Publishing Company, New York. 753 p.
- Viro, F. 1978. Gelatin in Encyclopaedia Technology. 3 rd, John Wiley and Sons, New York . NY. 11 pp.
711-719
- Ward, A.G. and A.Courts 1977. The Science and Technology of Gelatin. London : Academic Press. 564 pp.
- Weiser, H.B. 1946. Colloid Chemistry. John Wilely & Sons, New York. 428 p.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้น โดยวิธีของ AOAC (1984)

วิธีการ

1. อบ Aluminium can ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน Dessicator
2. ดูดสารละลายเจลาตินปริมาตรแน่นอน 5 ml. ลงใน Aluminium can จากข้อ 1 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน Dessicator
3. ชั่งน้ำหนัก คำนวณ ปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป คิดเป็นร้อยละ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็น กรด-ด่างโดยวิธีของ BS757 (1975)

วิธีการ

1. เตรียมสารละลายเจลาติน ที่ทำการสกัด ได้มา 60 ml.
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายด้วยเครื่องวัด pH Meter รุ่น SP-701 (Suntex) ที่ 25 องศาเซลเซียส
3. อ่านค่า pH ที่ได้จากเครื่อง (ไม่มีหน่วย)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวัดความหนืด

การวิเคราะห์ความหนืด ศึกษาโดยใช้เครื่อง Brookfield (Viscometer Model DV-111)

วิธีการ

1. เตรียมสารละลายเจลาตินเข้มข้นร้อยละ 6.67 โดยน้ำหนัก ถูบให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
2. ตรวจสอบสมดุลย์ของเครื่องโดยให้ลูกน้ำอยู่ในวงกลมสีดำ ถ้าไม่สมดุลย์ ให้ปรับระดับที่ขา
3. พิจารณาตัวอย่างว่าควรจะใช้ Spindle number (1-7) โดยประมาณจากความหนืดของตัวอย่าง ถ้าจะเปรียบเทียบตัวอย่างหลายชนิดควรใช้ Spindle number ที่สามารถวัดได้ทุกตัวถ้าความหนืดมากก็ให้ใช้ Spindle number มาก ถ้าความหนืดน้อยให้ใช้ Spindle number น้อย โดยทดลองดูก่อนว่าควรใช้ Spindle number เท่าไร (ใช้ Spindle number 1)
4. ประกอบเครื่องมือใส่ Spindle number เข้ากับแกนหมุนของเครื่อง โดยหมุนเกลียวให้เข้ากับเครื่อง
5. เครื่อง Brookfield รุ่นนี้สามารถปรับความเร็วรอบได้ตามความต้องการ โดยครั้งแรกวัดที่ความเร็วรอบที่ 50 รอบต่อวินาที แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 100 และ 150 ตามลำดับ
6. ใช้ปิเกตอร์ที่ใส่ตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสามารถใส่เครื่องได้ ปริมาตรตัวอย่างที่ใส่ควรให้ถึงถึงขีดที่ หัววัดความหนืดสามารถอ่านค่าได้ (600 ml.)
7. เปิดเครื่องที่สวิตซ์ ค่าจะปรากฏบนจอเครื่อง

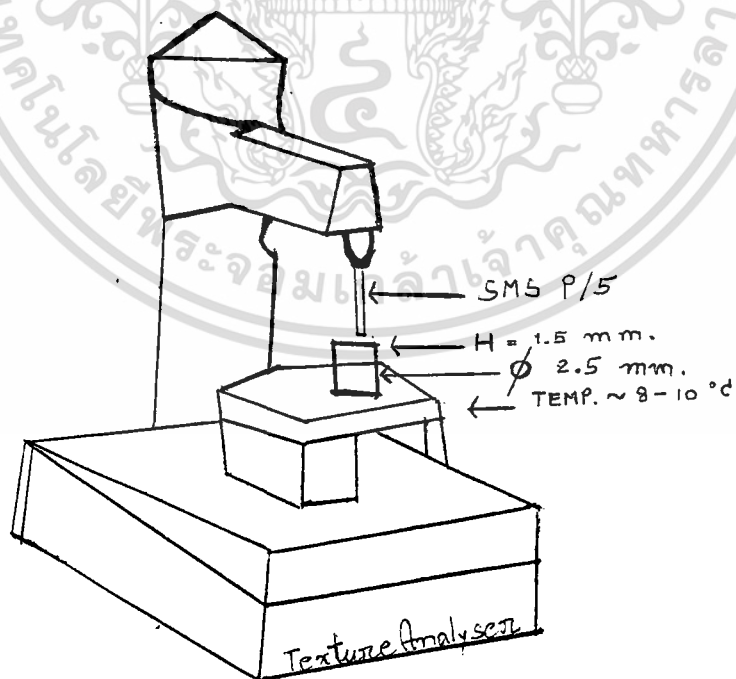
ภาคผนวก ง

การวัดค่าความแข็งแรงของเจล

การวิเคราะห์การวัดค่าความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่องรุ่น A\XT2I Texture Analyser Stable
Micro Systems

วิธีการ

1. เตรียมสารละลายเจลาติน ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
2. ใช้หัววัดขนาด SMS P/5 ในการวัดค่า
3. ทำการ Calibrate force ก่อน ด้วยแท่งเหล็ก 5 กิโลกรัม หลังจากนั้นทำการ Calibrate probe. แล้วทำการ เซตข้อมูลลงไปในคอมพิวเตอร์
4. ทำการวัดและอ่านค่าที่ได้จากกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย อำนาจ ขอบแสง เกิดเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัด สมุทรสาคร สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนทวีธาภิเศก ในปี 2536 และสำเร็จการศึกษา ระดับอนุปริญญา สาขาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ที่สถาบันราชภัฏธนบุรี ในปี พ.ศ. 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรม เกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตร 2 ปี (ต่อเนื่อง) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2541.

นาย ณัฐวุฒิ อ่องกิตติพงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัด สุพรรณบุรี สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนกรมสมเด็จพระนเรศวรมหาราช จังหวัดสุพรรณบุรี ในปี พ.ศ. 2536 และสำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญา สาขาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการ อาหารที่สถาบันราชภัฏธนบุรี ในปี พ.ศ. 2539 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร หลักสูตร 2 ปี (ต่อเนื่อง) สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้